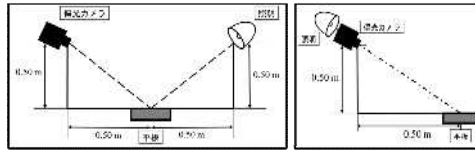


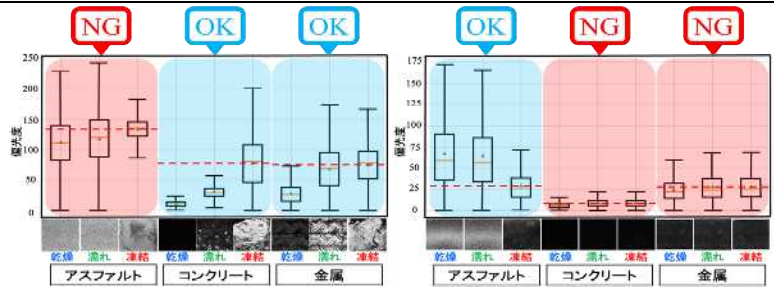
令和5年度 研究成果の概要 (1/2)

研究テーマ:「偏光画像処理に基づく「見えにくい」路面性状認識についての技術研究開発」
研究代表者 ・氏名(ふりがな):中村 明生 (なかむら あきお) ・所属、役職: 東京電機大学 教授
研究期間:令和3年12月～令和6年3月
研究参加メンバー(所属団体名のみ) 東京電機大学
研究の背景・目的 ITS, IoT 技術の進展への寄与を念頭に、非接触・広範囲の路面表面性状監視技術の開発を目標とする。本研究では、路面の表面性状、すなわち性質・材質及び状態のうち、「見えない」「見えにくい」湿潤状態を画像処理技術で認識する。湿潤状態として「乾燥」「水たまり」「濡れ」「凍結」「その他(汚れ、ノイズ等)」を認識対象状態とする。 画像処理による「路面性状認識」において、湿潤状態は周囲との明確な差が分かりにくく、特に RGB カメラでは夜間、朝・夕の薄暮時に認識が困難となる。一方、偏光画像では水濡れ領域が認識できる可能性がある。 2023(令和5)年度は、偏光カメラ画像及び CCTV カメラ画像を用いた凍結路面検出・認識手法について検討を加えた。偏光カメラ画像を用いた手法に関しては、凍結路面/非凍結路面の検出・認識に有効な偏光カメラの撮影条件及び特徴量を調査した。CCTV カメラ画像を用いた手法に関しては、RGB 画像から凍結路面を認識するための深層学習手法を調査・実装した。
研究内容(研究の方法・項目等) 以下の3項目を実施する。 ■項目1: 偏光画像の検証 i) 偏光カメラで撮影した画像から得られる偏光度・偏光角度といった偏光パラメータを調整・調査し、路面性状認識のための特徴量、及び照明やカメラ角度等の撮影条件の明確化 ii) ハンドクラフト特徴量設計と識別器の選定を行い、実際に路面性状認識手法の検討 ■項目2: 深層学習の導入及び路面性状認識手法の提案 i) 深層学習手法を導入、従来の画像処理手法との比較 ii) CCTV 等既存監視カメラ網画像、既設置の路温・気温・湿潤専用センサのデータ、その他の併用によるデータセット構築 ■項目3: 実用性の検証 項目1に関して、現場調査で撮影した偏光画像を利用した検証、項目2に関して、特別提供を受けた CCTV カメラ画像及びセンサデータ(路温・気温・湿潤)を利用した検証
研究成果の概要 ■項目1: 偏光画像の検証 1-i)に関して、湿潤状態は乾燥・濡れ・凍結、路面材質はアスファルト・コンクリート・金属を検証対象とし、撮影時のカメラと照明の位置関係 (Fig. 1)が湿潤状態認識に及ぼす影響について調査した。その結果、アスファルトに関してはカメラと照明の向きを同一に設定した場合、コンクリート及び金属に関してはカメラと照明の向きを対向に設定した場合において湿潤状態の認識可能性がみられた (Fig. 2)。 1-ii)に関して、特徴量として色情報である HSV、及び偏光情報である偏光度を採用、識別器としてパターン認識モデルである Support Vector Machine を利用して路面画像を乾燥と凍結に分類した。色情報のみ、あるいは偏光情報のみの特徴として採用した場合に比べ、両者を併用した場合が、湿潤状態を正しく予測できた割合を示す正解率が最大となった。 以上、撮影条件と偏光画像の関係性を明確にし、偏光画像が湿潤状態認識に有効であることが示された。

令和 5 年度 研究成果の概要 (2/2)



(a) 対向 (b) 同一
Fig. 1 照明とカメラの位置関係



(a) 対向 (b) 同一
Fig. 2 路面状態、路面材質に関する箱ひげ図

■項目 2: 深層学習の導入及び路面性状認識手法の提案

道路に設置された Closed Circuit Television System (CCTV) カメラ映像から深層学習手法を用いて凍結路面を認識するシステムを構築した。深層学習手法を用いる場合、照明の変化や多様な凍結路面に対応するために多様性を担保したデータセットを構築する必要がある。そのためには、種々の凍結路面を撮影しなくてはならないが、網羅的に路面画像を取得するのは容易ではない。そこで、異常検知手法に着目した。

異常検知手法では、正常画像だけを用いて学習を行い、学習された正常状態の画像との差異を分析することにより異常を特定する。CCTV カメラ映像から得られる路面画像はその多くが乾燥路面であり、乾燥路面＝正常画像、凍結路面＝異常画像と考えた。

異常検知手法の利用にあたり、CCTV カメラごとに学習用データセットが必要である。そこで、学習用データセットを自動で構築する手法を提案した。各 CCTV カメラ映像に路面認識領域を設定し、各路面認識領域でデータセットを構築した (Fig. 3)。検証の際は、長野県上水内郡信濃町国道 18 号に設置された CCTV 映像の左車線、右車線の二か所に路面認識領域を設定し、データセットを構築した。データセット構築後、異常検知手法である PatchCore、PaDiM、DifferNet を適用・比較し、Area Under Receiver Operator Characteristics (AUROC) で凍結路面画像の認識精度を評価した。結果、PatchCore が最も高い精度を示し、左車線の AUROC が 0.92、右車線の AUROC が 0.98 となった (Fig. 4, TABLE I)。この結果より提案手法の有効性が示唆された。

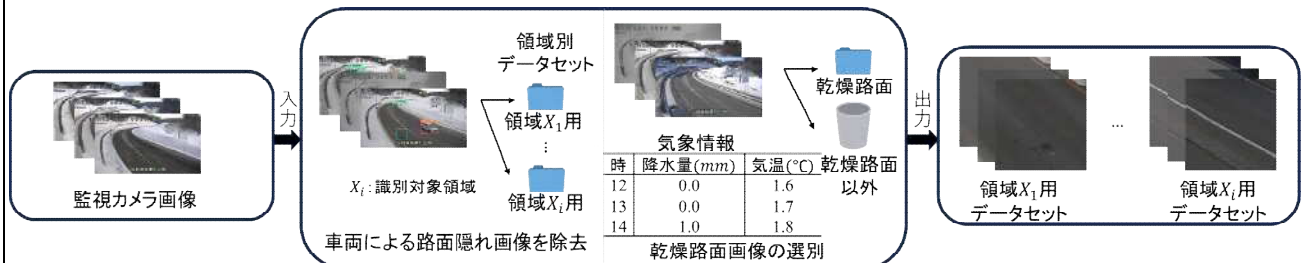


Fig. 3 CCTV カメラ映像を用いた凍結路面システムの概要

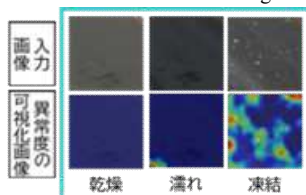


Fig. 4 凍結路面認識例 (左車線/PatchCore)

TABLE I 凍結路面認識結果(AUROC で評価)

車線	モデル	PatchCore	PaDiM	DifferNet
左車線		0.9273	0.9089	0.8475
右車線		0.9829	0.8218	0.9273

■項目 3: 実用性の検証

項目 1 に関して、長野国道事務所、株式会社サンタキザワ、及び関東地方整備局の協力のもと、長野県上水内郡信濃町において現地調査を実施、凍結路面を撮影した偏光画像を利用して検証を加え、有用性を確認した。項目 2 に関して、関東地方整備局から特別提供を受けた長野県上水内郡信濃町国道 18 号、栃木県那須郡那須町豊原乙国道 4 号に設置された CCTV カメラ映像及びセンサーデータを利用して検証を加え、有用性を確認した。